




Gear-cutting machine with CNC control for producing bevel gears

Patent Number:  [DE3805665](#)
Publication date: 1989-09-07
Inventor(s): BLECKMANN RAINER DIPL ING (DD); ENGEMANN KARL-HEINZ DIPL ING (DD)
Applicant(s): WERKZEUGMASCH OKT VEB (DD)
Requested Patent:  [DD255296](#)
Application Number: DE19883805665 19880224
Priority Number(s): DD19860298125 19861222
IPC Classification: B23F5/24
EC Classification: [B23F9/10](#), [B23F23/12E20](#), [B23F23/12F](#), [B23F23/00B](#)
Equivalents:  [CH676212](#)

Abstract

The invention relates to a gear-cutting machine for producing bevel gears by the generating and form-cutting process, in which the work carrier is pivotably arranged about a perpendicular axis, and the work carrier and tool carrier are arranged so as to be displaceable perpendicularly and horizontally relative to one another. The aim of the invention is to decisively reduce the expenditure for the gear-cutting machine and its drive and control technology and to increase its degree of automation. The essence of the invention consists in the fact that the tool column and the work column are displaceable relative to one another in three coordinates arranged at right angles to one another, and the work column is pivotably arranged about a vertical axis.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

PATENTCHRIFT

(19) **DD** (11) **255 296 A1**

4(51) B 23 F 5/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP B 23 F / 298 125 1	(22)	22.12.86	(44)	30.03.88
(71)	VEB Zahnschneidemaschinenfabrik MODUL, Marianberger Straße 17, Karl-Marx-Stadt, 9054, DD				
(72)	Engemann, Karl-Heinz, Dipl.-Ing.; Bleckmann, Rainer, Dipl.-Ing., DD				
(54)	Verzahnmaschine mit CNC-Steuerung zur Herstellung von Kegelrädern				

(55) Verzahnmaschine, CNC-Steuerung, Kegelrad, Maschinenaufbau, Werkzeugständer, Werkstückständer, Querschlitzen, Wälzbewegung, Koordinatenverschlebung, Translationsbewegung, rechtwinklig

(57) Die Erfindung betrifft eine Verzahnmaschine zur Herstellung von Kegelrädern im Wälz- und Formverfahren, bei der der Werkstückträger um eine senkrechte Achse schwenkbar und der Werkstück- und Werkzeugträger relativ zueinander, senkrecht und waagrecht verschiebbar, angeordnet sind. Ziel der Erfindung ist es, den Aufwand für die Verzahnmaschine und deren Antriebs- und Steuertechnik entscheidend zu senken und deren Automatisierungsgrad zu erhöhen. Das Wesen der Erfindung besteht darin, daß der Werkzeugständer und der Werkstückständer relativ zueinander in drei rechtwinklig zueinander angeordneten Koordinaten verschiebbar und der Werkstückständer um eine vertikale Achse schwenkbar angeordnet sind.

ISSN 0433-6461

5 Seiten

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

PATENTSCHRIFT

(19) **DD** (11) **255 296 A1**

4(51) B 23 F 5/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP B 23 F / 298 125 1

(22) 22.12.88

(44) 30.03.88

(71) VEB Zahnschneidemaschinenfabrik MODUL, Marienberger Straße 17, Karl-Marx-Stadt, 9054, DD

(72) Engemann, Karl-Heinz, Dipl.-Ing.; Bleckmann, Rainer, Dipl.-Ing., DD

(54) Verzahnmaschine mit CNC-Steuerung zur Herstellung von Kegelrädern

(55) Verzahnmaschine, CNC-Steuerung, Kegelrad, Maschinenaufbau, Werkzeugständer, Werkstückständer, Querschlitzen, Wälzbewegung, Koordinatenverschiebung, Translationsbewegung, rechtwinklig

(57) Die Erfindung betrifft eine Verzahnmaschine zur Herstellung von Kegelrädern im Wälz- und Formverfahren, bei der der Werkstückträger um eine senkrechte Achse schwenkbar und der Werkstück- und Werkzeugträger relativ zueinander, senkrecht und waagerecht verschiebbar, angeordnet sind. Ziel der Erfindung ist es, den Aufwand für die

ingsgrad
relativ
der um

Zur PS Nr. 255 296

ist eine Zeitschrift erschienen.

(Teilweise bestätigt gem. § 18 Abs. 1 d. Änd.Ges.z.Pat.Ges.)

ISSN 0433-6461

5 Seiten

Erfindungsanspruch:

1. Verzahnmaschine mit CNC-Steuerung zur Herstellung von Kegelrädern im Wälz- und Formverfahren, bei der der Werkstück- und der Werkzeugträger relativ zueinander vertikal und horizontal verschiebbar und der Werkstückträger um eine senkrechte Achse schwenkbar angeordnet sind, gekennzeichnet dadurch, daß der Werkzeugständer (3) und der Werkstückständer (13) relativ zueinander in drei rechtwinklig zueinander angeordneten Koordinaten (X_0, Y_0, Z_0) verschiebbar und der Werkstückständer (13) um eine vertikale Achse A schwenkbar angeordnet sind.
2. Verzahnmaschine mit CNC-Steuerung nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß auf Längsführungen (2) eines Längsbettes (1) ein Werkzeugständer (3) horizontal verschiebbar angeordnet ist, der einen vertikal verschiebbaren Ständerschlitten (5) trägt, von dem ein Werkzeugsystem, bestehend aus einer Schwenktrommel (6), auf der eine Neigungstrommel (7) angeordnet ist, in der die verfahrensbedingte Art eines Messerkopfes (9) gelagert ist, aufgenommen wird und auf Quersführungen (11) eines Querbettes (10), die rechtwinklig zu den Längsführungen (2) angeordnet sind, ein Querschlitten (12) horizontal verschiebbar aufgenommen wird, der einen um eine vertikale Achse (A) schwenkbaren Werkstückständer (13) trägt, in dem eine Werkstückspindel (14) drehbar gelagert ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Das Anwendungsgebiet der Erfindung erstreckt sich auf eine Verzahnmaschine mit CNC-Steuerung zur Herstellung von Kegelrädern im Wälz- und Formverfahren, bei der der Werkstückträger um eine senkrechte Achse schwenkbar und der Werkstück- und Werkzeugträger relativ zueinander, senkrecht und waagrecht, verschiebbar angeordnet sind.

Charakteristik der bekannten technischen Lösung

Es ist bereits eine Verzahnmaschine zur Herstellung von Kegelrädern im Wälz- und Formverfahren bekannt, die mit einer CNC-Steuerung ausgerüstet ist. Diese Verzahnmaschine, wie sie in der Fachzeitschrift „Stanki i instrument“ Nr. 4, 1984, Seite 10–11 dargestellt ist, besitzt den bekannten konventionellen Maschinenaufbau, wie er für Maschinen mit mechanischen Getriebezügen seit Jahrzehnten charakteristisch ist. Bei der bekannten Verzahnmaschine werden von einem Maschinenbett um ein fest fixiertes Maschinenzentrum die entsprechenden Baugruppen aufgenommen. Auf der einen Seite des Maschinenbettes ist der Werkzeugträger fest angeordnet, in dem eine Wiegentrommel drehbar gelagert ist, deren Achse das Maschinenzentrum schneidet. In der Wiegentrommel befindet sich ein Exzentertrommel, in der die Werkzeugspindel drehbar gelagert ist. Durch die Schwenkbewegung der Exzentertrommel kann eine parallele Verschiebung der Werkzeugspindel zur Wiegenachse vorgenommen und damit die Exzentrizität eingestellt werden. Auf der dem Werkzeugständer gegenüberliegenden Seite des Maschinenbettes befindet sich der auf Längsführungen horizontal verschiebbare Bettschlitten mit dem Maschinenzentrum. Der Bettschlitten trägt einen um das Maschinenzentrum um ca. 100 Grad einstellbaren Schwenkschlitten. Von dem Bettschlitten wird ein Werkstückständer, in radialer Richtung zum Maschinenzentrum verschiebbar aufgenommen. Am Werkstückständer ist ein Achsversatzgehäuse vertikal verschiebbar angeordnet, in dem die Werkstückspindel drehbar gelagert ist. Bei dieser Anordnung schneidet die Werkstückspindelachse das Maschinenzentrum und in der Ausgangslage auch die Wiegentrommelachse. Bei dieser bekannten Verzahnmaschine ist keine Einrichtung zur Neigung der Werkzeugspindel vorgesehen. Die durch die Neigung der Werkzeugspindel erzielbaren Effekte sollen gemäß SU 230614 durch eine Änderung des WerkstückständerEinstellwinkels im Bearbeitungsprozeß erreicht werden.

Für die CNC-Steuerung dieser Verzahnmaschine sind für die acht Bewegungen die entsprechenden Achsen mit einem eigenen Antrieb versehen. Von diesen acht Achsen sind vier gleichzeitig steuerbar, während drei Achsen reine Einstellbewegungen bewirken und eine Achse den Werkzeugumlauf darstellt. Die zur Erzeugung der Wälzbewegung für die Herstellung der Zahnflanken erforderlichen Bewegungen werden durch die Achse A für die Drehbewegung der Wiege mit dem Werkzeug, die Achse B für die Schwenkbewegung des Werkstückständers, die Achse C für die Drehbewegung der Werkstückspindel und die Achse X für die Bettschlittenbewegung in Richtung der Wiegenachse verkörpert. Darüber hinaus werden die Achsen A, B und X auch zum Einrichten genutzt, die Achse A zum Einstellen der Wiege in die Ausgangslage vor dem automatischen Zyklus, die Achse X zur Verschiebung des Bettschlittens in seine Ausgangslage vor Beginn der Bearbeitung der Zahnflanke und zu seiner Verschiebung bei Anwendung der verschiedenen Arbeitsprogramme bzw. Verzahnmethoden und die Achse B zum Einschwenken des Werkstückständers auf den Fußkegelwinkel des Werkstückes.

Beim Einrichten der Maschine wird weiterhin durch die Achse Y der Achsversatz der Werkstückspindel, durch die Achse Z die Verschiebung des Werkstückes entlang seiner Achse zur Distanzeinstellung und durch die Achse D die Exzentereinstellung für die Radialeinstellung des Werkzeuges, realisiert.

Obwohl durch die Anwendung einer CNC-Steuernng an dieser Verzahnmaschine zur Herstellung von Kegelrädern eine Produktivitätssteigerung erzielt und auf eine Einrichtung zur Neigung der Werkzeugspindel verzichtet werden konnte, besitzt diese Lösung, da sie sich auf den bekannten konventionellen Maschinenaufbau für Verzahnmaschinen zur Herstellung von Kegelrädern stützt, noch einige wesentliche Nachteile.

Indem die imaginäre Erzeugungskegelradachse mit der Wiegenachse zusammenfällt, ist von der maximal zu realisierenden Exzentrizität auch der Wiegentrommeldurchmesser abhängig. Der Wiegentrommeldurchmesser bestimmt somit die Baugröße der Maschine, d. h. den erforderlichen Platzbedarf. Diese bedeutet, daß für Kegelräder mit großer Teilkegellänge oder kleinem Schrägungswinkel eine größere Maschine zum Einsatz kommen muß.

Außerdem erfordert die sich aus dem Maschinenaufbau ergebende hohe Anzahl zu steuernder geometrischer Einstellwerte einen unverträglich hohen Aufwand an Antriebs- und Steuertechnik. Darüber hinaus bietet der konventionelle Maschinenaufbau keine guten Voraussetzung für einen automatisierten Werkstück- und Werkzeugwechsel und ist noch zu kompliziert und aufwendig.

Gegenüber dem traditionellen Einsatz von Einrichtungen zur Neigung der Werkzeugspindel können mit der Methode gemäß SU 230 614 nicht alle bekannten bedeutsamen Effekte erzielt werden, so ist es u. a. nicht möglich, alle modernen Entwicklungstendenzen in der Auslegung kreisbogenverzahnter Kegelräder zu realisieren.

Zur Beseitigung der erheblichen Einschränkung im Arbeitsbereich der Verzahnmaschine bei der jahrzehntelang angewendeten Wiegenkonzeption, wurde ein neues Verfahren zur Erzeugung der Wälzbewegung für die Herstellung von Zahnflanken an Kegelrädern vorgeschlagen. Bei diesem neuen Verfahren wird die relative Wälzbewegung zwischen Werkzeugsystem und Werkstück durch zwei voneinander abhängige, rechtwinklig zueinander verlaufende Translationsbewegungen des Werkzeugsystems, eine gleichzeitige Rotationsbewegung des Werkzeugsystems um die eigene Bezugsachse in der Größe des Wälzwinkels des imaginären Erzeugungskegelrades und eine Rotationsbewegung des Werkstückes um die Werkstückachse in Abhängigkeit vom Wälzwinkel des Erzeugungsplanrades und des Verhältnisses der Zähnezahls des imaginären Erzeugungskegelrades zur Zähnezahls des Werkstückes erzeugt.

Durch dieses erfindungsgemäße Verfahren sind ganz neue Möglichkeiten eines äußerst platzsparenden, einfachen Aufbaues einer Verzahnmaschine zur Herstellung von Kegelrädern gegeben und besonders Kegelräder mit großer Teilkegellänge oder kleinem Schrägungswinkel wieder äußerst wirtschaftlich herstellbar.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, den Aufwand für die Verzahnmaschine und deren Antriebs- und Steuertechnik entscheidend zu senken und deren Automatisierungsgrad zu erhöhen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Verzahnmaschine mit CNC-Steuernng zur Herstellung von Kegelrädern im Wälz- und Formverfahren, bei der der Werkstück- und der Werkzeugträger relativ zueinander senkrecht und waagrecht verschiebbar und der Werkstückträger um eine senkrechte Achse schwenkbar angeordnet ist zur Durchführung des neuen Wälzverfahrens zu schaffen, bei der durch einen neuen Maschinenaufbau verschiedene Einzelbewegungen zusammengefaßt und damit die Zahl der zu steuernden Achsen entscheidend gesenkt, der Maschinenaufbau vereinfacht und platzsparend gestaltet, und die Voraussetzungen für einen automatischen Werkstück- und Werkzeugwechsel verbessert werden können.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß der Werkzeugträger und der Werkstückträger relativ zueinander in drei rechtwinklig zueinander angeordneten Koordinaten verschiebbar und der Werkstückträger um eine senkrechte Achse schwenkbar angeordnet sind.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung wird auf Längsführungen eines Längsbettes ein Werkzeugständer horizontal verschiebbar angeordnet, der einen vertikal verschiebbaren Ständerschliitten trägt, von dem ein Werkzeugsystem, bestehend aus einer Schwenktrommel, auf der eine Neigungstrommel angeordnet ist, in der die verfahrensbedingte Art eines Messerkopfes gelagert ist, aufgenommen wird und auf Querführungen eines Querbettes, die rechtwinklig zu den Längsführungen angeordnet sind, ein Querschliitten horizontal verschiebbar aufgenommen wird, der einen um eine vertikale Achse schwenkbaren Werkstückträger trägt, in dem eine Werkstückspindel drehbar gelagert ist.

Durch den neuen erfindungsgemäßen Aufbau einer Verzahnmaschine mit CNC-Steuernng zur Herstellung von Kegelrädern konnte durch Anwendung des neuen Wälzverfahrens auf den Einsatz einer Wiegentrommel und einer in ihr schwenkbar angeordneten Exzenterrommel verzichtet werden, was zu einem wesentlich einfacheren konstruktiven und sehr platzsparenden Aufbau der Maschine beiträgt. Vor allem aber konnte, da eine direkte Bewegung der Wiegen- und Exzenterrommel wegfällt, der Aufwand für die Antriebs- und Steuertechnik der Maschine entscheidend gesenkt werden. Die bisher durch die Wiegentrommel und durch die Exzenterrommel erzeugten direkten Bewegungen werden erfindungsgemäß durch Kombination der beiden neuen Translationsbewegungen F und G, einmal durch die vertikale Verschiebung des Ständerschlittens in Richtung der Koordinatenachse Y_z und zum anderen durch die rechtwinklig zu ihr verlaufende horizontale Bewegung des Werkstückständers in Richtung der Koordinatenachse X_z erzeugt. Außerdem werden durch den erfindungsgemäßen Maschinenaufbau wesentlich bessere Voraussetzungen für einen automatischen Werkstück- und Werkzeugwechsel geschaffen, insbesondere durch die neue horizontale Verschiebbewegung des Werkstückständers rechtwinklig zur horizontalen Bewegung des Werkzeugständers.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: Die Gesamtansicht einer Kegelradwälzfräsmaschine in schematischer Darstellung

Die Verzahnmaschine zur Herstellung von Kegelrädern besteht aus einem Längsbett 1 mit horizontal verlaufenden Längsführungen 2. Auf den Längsführungen 2 wird ein Werkzeugständer 3 in Richtung einer Koordinatenachse Z_0 mit einem Koordinatenursprung O_0 horizontal verschiebbar aufgenommen. Der Werkzeugständer 3 ist mit vertikalen Führungen 4 versehen, an denen ein Ständerschlitzen 5 in Richtung einer Koordinatenachse Y_0 vertikal verschiebbar angeordnet ist. Im Ständerschlitzen 5 ist eine Schwenktrommel 6 um eine Achse C drehbar gelagert, die eine Neigungstrommel 7 um eine Achse D neigbar aufnimmt. In der Neigungstrommel 7 ist eine Werkzeugspindel 8 angeordnet, auf der die entsprechenden Messerköpfe 9 befestigt sind. Die Werkzeugspindel ist um eine Achse E drehbar.

Unmittelbar vor dem Längsbett 1 ist ein Querbett 10 angeordnet, deren horizontale Querführungen 11 rechtwinklig zu den Längsführungen 2 des Längsbettes 1 verlaufen. Von den Querführungen 11 wird ein Querschlitzen 12 in Richtung einer Koordinatenachse X_0 horizontal verschiebbar aufgenommen. Der Querschlitzen 12 trägt einen Werkstückständer 13, der um eine in Richtung der Koordinatenachse Y_0 vertikal verlaufende Achse A auf dem Querschlitzen 12 schwenkbar angeordnet ist. Im Werkstückständer 13 ist eine Werkstückspindel 14 um eine Achse drehbar gelagert, die die Achse A zum Schwenken des Werkstückständers 13 rechtwinklig im Werkstückständerbezugspunkt N, der mit dem Koordinatenursprung O_0 zusammenfällt, schneidet. Alle genannten Achsen für die Verstell-, Schwenk- und Drehbewegungen sind mit einem motorischen Antrieb und einem Meßsystem zur Positionserfassung ausgerüstet. Während die Antriebe schematisch angedeutet sind, wurde auf die Darstellung der Positionsmesssysteme verzichtet.

So wird durch einen Stellmotor 15 in Verbindung mit einem in dem Querschlitzen 12 befindlichen Wälzschraubtrieb 16 der Querschlitzen 12 mit dem Werkstückständer 13 in Richtung der Koordinatenachse X_0 durch eine Translationsbewegung G verschoben. In gleicher Weise erfolgt der Antrieb des Werkzeugständers 3 in Richtung der Koordinatenachse Z_0 für eine Translationsbewegung H in Verbindung mit einem Schraubwälztrieb 17 durch einen Stellmotor 18. Zur Positionierung der Schwenkbewegung des Werkstückständers 13 um die Achse A ist ein Antriebsmotor 19 und der Drehbewegung der Werkstückspindel 14 um die Achse B ein Antriebsmotor 20 vorgesehen. Die vertikale Verschiebung des Ständerschlitzen 5 in Richtung der Koordinatenachse Y_0 für eine Translationsbewegung F erfolgt durch einen Stellmotor 21. Zwischen dem Antriebsmotor 19 und dem Werkstückständer 13 und dem Antriebsmotor 20 und der Werkstückspindel 14 sind nicht dargestellte spielfreie Antriebs Elemente angeordnet. Durch diese spielfreie Antriebskonzeption können die Antriebsmotoren 19; 20 unmittelbar mit den Wegmeß- und Drehzahlmeßsystem sowie mit einer Haltebremse in Kompaktabweise ausgeführt werden. Darüber hinaus besitzt auch die Werkzeugspindel 8 einen Antriebsmotor, der jedoch aus Fig. 1 nicht besonders ersichtlich ist. Zur präzisen Definition der Bewegungsabläufe ist für den neuen Maschinenaufbau ein Maschinenkoordinatensystem X_0, Y_0, Z_0 mit dem Ursprung in O_0 festgelegt worden, auf das auch die Meßsysteme bezogen sind. Dabei enthält die durch das Koordinatensystem X_0, O_0, Z_0 gebildete Ebene die Achse B der Werkstückspindel 14 und verläuft parallel zu den Längsführungen 2 und den Querführungen 11. In der durch das Koordinatensystem X_0, O_0, Y_0 entstandenen Ebene liegt die Achse A zum Schwenken des Werkstückständers 13 auf dem Querschlitzen 12. Diese Ebene verläuft parallel zu den vertikalen Führungen 4 des Werkzeugständers 3. Die Koordinatenebene Y_0, O_0, Z_0 enthält die Achse C für die Drehbewegung der Schwenktrommel 6 und steht senkrecht auf den beiden anderen Koordinatenebenen X_0, O_0, Y_0 und X_0, O_0, Z_0 . Der Schnittpunkt dieser drei rechtwinklig zueinanderliegenden Koordinatenebenen stellt den Koordinatenursprung O_0 dar.

Aus dem Schnittpunkt der Achse E für die Drehbewegung der Werkzeugspindel 8 mit der Messerkopfspitzenebene ergibt sich der Berechnungspunkt M des Messerkopfes 9, der stets in der Koordinatenebene Y_0, O_0, Z_0 liegt und durch die Abstände Y_{0M} und Z_{0M} vom Koordinatenursprung O_0 bestimmt werden kann. Der Werkstückständerbezugspunkt N liegt stets auf der Koordinatenachse X_0 . Seine Lage ist durch den Abstand X_{0N} vom Koordinatenursprung O_0 definiert. Bei Drehung des Werkstückständers 13 um die Achse A schließt die Achse B für die Drehbewegung der Werkstückspindel 14 mit der Koordinatenachse X_0 den Werkstückständerwinkel δ_E ein.

Für das Verzahnen achsversetzter Kegelräder oder zur Durchführung von Tragbildkorrekturen ist ein Achsversatz a_w der Werkstückspindel 14 einzustellen. Der Achsversatz a_w wird in dem Einstellwert Y_{0M} mit einbezogen.

Die Wirkungsweise der Verzahnmaschine zur Herstellung von Kegelrädern ist folgende:

Vor Beginn der Bearbeitung wird das Werkstück W aufgespannt. Nach Einschwenken des Werkstückständers 13 um die Achse A auf den erforderlichen Werkstückständerwinkel δ_E ergibt sich die erforderliche Ausgangslage für das Werkstück. Damit ist auch der Abstand zwischen Werkstückspindelplananlage und der Schwenkachse A als Maschinenkonstante, das Distanzmaß der Werkstückspindelaufspannung und das Einbaudistanzmaß des Werkstückes gegeben. Nachdem alle Einstell- und Berechnungsdaten in die CNC-Steuerung eingegeben wurden und der erforderliche Programmablauf festliegt, wird die weitere geometrische Ausgangslage zwischen Werkstück und Werkzeug hergestellt. Dabei wird die Lage des Berechnungspunktes des Messerkopfes 9 durch die Maschineneinstellungen X_{0M} , Y_{0M} und Z_{0M} bestimmt. Weiterhin ist noch die Neigung der Werkzeugspindel 8 in der bekannten Weise einzustellen.

Nach Einschalten des Werkzeugumlaufes um die Achse E kann der Wälzprozeß zur Erzeugung der Zahnflanken beginnen. Der Wälzprozeß läuft dann nach dem vorgeschlagenen neuen Verfahren zur Erzeugung der Wälzbewegung für die Herstellung von Zahnflanken an Kegelrädern ab.

